

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2005 年12 月15 日 (15.12.2005)

PCT

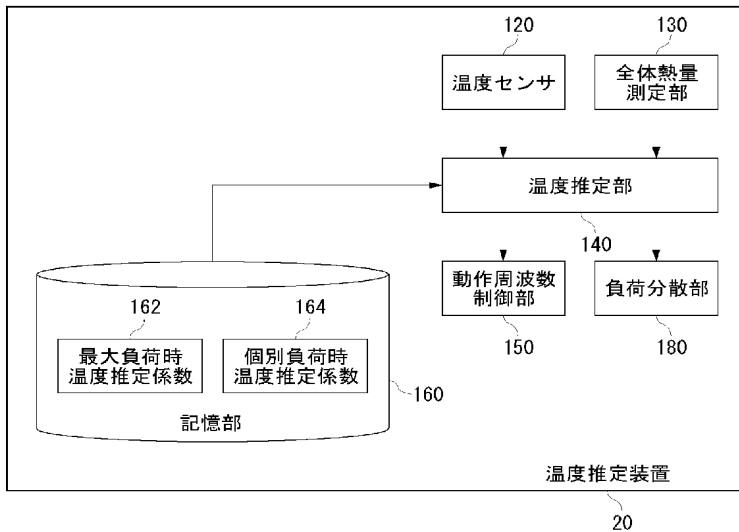
(10) 国際公開番号  
WO 2005/119402 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: G06F 1/04, 1/20 (72) 発明者; および  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/007884 (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 矢澤 和明  
(22) 国際出願日: 2005 年4 月26 日 (26.04.2005) (YAZAWA, Kazuaki) [JP/JP]; 〒1070062 東京都港区  
(25) 国際出願の言語: 日本語 南青山二丁目6番21号 株式会社ソニー・コン  
(26) 国際公開の言語: 日本語 ピュータエンタテインメント内 Tokyo (JP). 瀧口 巖  
(30) 優先権データ: (TAKIGUCHI, Iwao) [JP/JP]; 〒1070062 東京都港区  
特願2004-167806 2004 年6 月4 日 (04.06.2004) JP 南青山二丁目6番21号 株式会社ソニー・コン  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会 ピュータエンタテインメント内 Tokyo (JP). 今井 敦  
社ソニー・コンピュータエンタテインメント (SONY彦 (IMAI, Atsuhiko) [JP/JP]; 〒1070062 東京都港区  
COMPUTER ENTERTAINMENT INC.) [JP/JP]; 〒南青山二丁目6番21号 株式会社ソニー・コン  
1070062 東京都港区南青山二丁目6番21号 Tokyoピュータエンタテインメント内 Tokyo (JP). 田村 哲  
(JP). 司 (TAMURA, Tetsuji) [JP/JP]; 〒1070062 東京都港  
区南青山二丁目6番21号 株式会社ソニー・コン  
ピュータエンタテインメント内 Tokyo (JP). 安達 健  
一 (ADACHI, Kenichi) [JP/JP]; 〒1070062 東京都港

[続葉有]

(54) Title: PROCESSOR, PROCESSOR SYSTEM, TEMPERATURE ESTIMATION DEVICE, INFORMATION PROCESSING DEVICE, AND TEMPERATURE ESTIMATION METHOD

(54) 発明の名称: プロセッサ、プロセッサシステム、温度推定装置、情報処理装置および温度推定方法



(57) Abstract: A temperature sensor (120) measures a temperature of a particular position in a processor. A total heat measurement unit (130) measures the total heat of the processor. According to the detection temperature of the particular position by the temperature sensor (120), a temperature estimation unit (140) estimates the temperature of a plurality of hot spots generated in the processor and calculates the maximum temperature of the processor. According to the total heat of the processor, the temperature estimation unit (140) references the temperature estimation coefficient at maximum load (162) stored in a storage unit (160) and the temperature estimation coefficient at the individual load (164) while switching between them and applies a temperature estimation function for converting the sensor temperature into the hot spot temperature. When the maximum temperature of the processor estimated by the temperature estimation unit (140) exceeds a limit temperature, an operation frequency control unit (150) performs control to lower the processor operation frequency.

- 120... TEMPERATURE SENSOR  
130... TOTAL HEAT MEASUREMENT UNIT  
140... TEMPERATURE ESTIMATION UNIT  
150... OPERATION FREQUENCY CONTROL UNIT  
180... LOAD DISPERSION UNIT  
160... STORAGE UNIT  
162... TEMPERATURE ESTIMATION COEFFICIENT AT MAXIMUM LOAD  
164... TEMPERATURE ESTIMATION COEFFICIENT AT INDIVIDUAL LOAD  
20... TEMPERATURE ESTIMATION DEVICE

[続葉有]



区南青山二丁目6番21号 株式会社ソニー・コンピュータエンタテインメント内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 森下 賢樹 (MORISHITA, Sakaki); 〒1500021  
東京都渋谷区恵比寿西2-11-12 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 温度センサ120は、プロセッサ内部の特定箇所の温度を測定する。全体熱量測定部130は、プロセッサの全体熱量を測定する。温度推定部140は、温度センサ120による特定箇所の検出温度をもとに、プロセッサに発生する複数のホットスポットの温度を推定し、プロセッサの最高温度を求める。温度推定部140は、プロセッサの全体熱量の大小によって、記憶部160に格納された最大負荷時温度推定係数162と個別負荷時温度推定係数164を切り替えて参照し、センサ温度をホットスポットの温度に変換する温度推定関数をあてはめる。動作周波数制御部150は、温度推定部140が推定したプロセッサの最高温度が限界温度を超えた場合に、プロセッサの動作周波数を下げる制御を行う。

## 明 細 書

### プロセッサ、プロセッサシステム、温度推定装置、情報処理装置および温度推定方法

#### 技術分野

- [0001] この発明はプロセッサ技術に関し、特にプロセッサ内部の温度を推定することのできるプロセッサ、プロセッサシステム、温度推定装置、情報処理装置、および温度推定方法に関する。

#### 背景技術

- [0002] LSI設計において製造プロセスの微細化と素子の高集積化が一段と進み、チップの性能限界として発熱量を考慮することが設計上非常に重要になってきている。チップが高温になると、動作不良を起こしたり、長期信頼性が低下するため、様々な発熱対策がとられている。たとえば、チップの上部に放熱フィンを設けて、チップから発生する熱を逃がす方法がとられる。
- [0003] また、チップ上の消費電力分布は一律ではないため、チップの一部が異常に高温になるいわゆる「ホット・スポット」の問題を避けることができない。そこで、チップの消費電力分布にもとづいて、プロセッサのタスクをスケジューリングすることも検討されている(たとえば、特許文献1参照)。

特許文献1: 米国特許出願公開第2002/0065049号明細書

#### 発明の開示

#### 発明が解決しようとする課題

- [0004] チップの一部が発熱すると、時間経過とともに熱伝導により発熱箇所の周囲に高温領域が広がり、やがてはチップ全体の温度が上昇する。従来の発熱対策は、プロセッサなどのデバイス内部の温度を計測するために温度センサをひとつだけデバイスに埋め込み、チップ全体の温度分布を巨視的に観測し、数秒～1分程度の時間をかけて放熱するものであり、時間応答性はよくない。最近の高集積化したLSIの中には、1チップでも数十ワット程度の電力を消費するものも設計されており、数十マイクロ秒のオーダーで放熱処理をしなければ、急峻な温度上昇によって動作不良が起こり

うる。

[0005] そこで、ヒートシンクなどによる強力な冷却機構を設け、消費電力が増大している状況で急激に温度を下げようとするため、相対的にヒートシンクに流れる熱流束が大きくなり、チップ面に広がる熱流束が小さくなる現象が起こる。チップ上面に設けられたヒートシンクに対する熱抵抗が小さいため、等価的には、チップの熱伝導率が相対的に下がったように見なすことができ、局所的なホットスポットが生じやすい状態になる。このように、高集積化したプロセッサでは、ホットスポットが分散して複数箇所に発生するため、ひとつの温度センサではホットスポットの温度を正確に把握することは困難になっている。

[0006] 本発明はこうした課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、発熱箇所の温度を正確に把握することのできるプロセッサ、プロセッサシステム、情報処理装置、および温度推定方法を提供することにある。

#### 課題を解決するための手段

[0007] 本発明のある態様はプロセッサに関する。このプロセッサは、当該プロセッサの特定ブロックの温度を測定するセンサと、前記センサにより検出される前記特定ブロックの温度をもとに、前記プロセッサの複数の発熱ブロックの温度を推定する温度推定部とを含む。

[0008] ここで、「ブロック」は、プロセッサの領域を区分けした最小単位であり、スポット的に熱のピークが発生する領域の大きさに合わせて区分けされる。たとえば、ブロックは、プロセッサを構成するトランジスタなどの素子単体であってもよく、ある程度の数の素子の集合であってもよい。複数のプロセッサを含むマルチプロセッサシステムの場合、ブロックは、個々のプロセッサ内で区分けされたブロックであってもよく、個々のプロセッサ全体を1つのブロックとしてもよい。

[0009] 「発熱ブロック」は、プロセッサに負荷がかかった場合に、スポット的に熱のピークが発生するブロックであり、ホットスポットとも呼ばれるものに相当する。

[0010] 当該プロセッサに負荷をかけた場合における、前記複数の発熱ブロックと前記特定ブロックの温度差に関する情報を記憶する記憶部をさらに含み、前記温度推定部は、前記記憶部に記憶された前記温度差に関する情報を参照して、前記複数の発熱

ブロックの温度を推定してもよい。前記複数の発熱ブロックと前記特定ブロックの温度差に関する情報の一例として、前記センサによる前記特定ブロックの検出温度と前記複数の発熱ブロックの温度の対応関係に関する式やその対応関係を表したテーブルなどがある。

- [0011] 前記記憶部は、当該プロセッサ全体に最大負荷をかけた場合における、前記特定ブロックの検出温度と前記複数の発熱ブロックの温度の対応関係に関する情報を記憶してもよい。前記記憶部は、さらに前記複数の発熱ブロックの各々に個別に負荷をかけた場合における、前記センサによる前記特定ブロックの検出温度と前記複数の発熱ブロックの温度の対応関係に関する情報を記憶してもよい。
- [0012] ここで、「プロセッサ全体に最大負荷をかけた場合」とは、プロセッサができるだけフル動作するように、できるだけ大きな負荷をかけた状態を含み、必ずしも厳密な意味で最大の負荷をかけた状態だけを意味しない。
- [0013] 「複数の発熱ブロックの各々に個別に負荷をかけた場合」とは、複数の発熱ブロックの少なくとも1つのブロックに選択的に負荷をかけ、それ以外の発熱ブロックには負荷をかけないか、より少ない負荷をかけた状態などを含む。
- [0014] それぞれが当該プロセッサの異なる特定箇所の温度を測定する複数のセンサを含み、各センサが前記プロセッサの異なる複数の発熱ブロックの温度を推定してもよい。センサの数は、発熱ブロックの数より少なくてもよい。
- [0015] 本発明の別の態様は温度推定方法に関する。この方法は、プロセッサに負荷をかけた状態における、センサによる前記プロセッサの特定ブロックの検出温度と前記プロセッサの複数の発熱ブロックの温度の対応関係に関する情報をあらかじめ取得し、前記対応関係に関する情報を参照して、前記センサによる前記特定ブロックの検出温度から前記複数の発熱ブロックの温度を推定する。
- [0016] 本発明のさらに別の態様も温度推定方法に関する。この方法は、プロセッサ全体の発熱量が相対的に大きい場合、前記プロセッサに最大負荷をかけた状態における、センサによるプロセッサの特定ブロックの検出温度と前記プロセッサの発熱ブロックの温度の差にもとづいて、前記検出温度から前記プロセッサの最高温度を推定し、前記発熱量が相対的に小さい場合、前記発熱ブロックに選択的に負荷をかけた状態に

おける、前記センサによる前記特定ブロックの検出温度と前記発熱ブロックの温度の差にもとづいて、前記検出温度から前記プロセッサの最高温度を推定する。

[0017] 本発明のさらに別の態様も温度推定方法に関する。この方法は、プロセッサにランダムな負荷を与え、センサによる前記プロセッサの特定ブロックの検出温度と前記プロセッサの複数の発熱ブロックの温度の差を測定し、前記検出温度から前記複数の発熱ブロックの温度を推定する際の推定誤差を求め、前記推定誤差が相対的に小さくなるように前記センサにより温度が検出される特定ブロックの位置を調整する。

[0018] 本発明のさらに別の態様はプロセッサシステムに関する。このプロセッサシステムは、プロセッサの特定ブロックの温度を測定するセンサと、前記センサにより検出される前記特定ブロックの温度をもとに、前記プロセッサの複数の発熱ブロックの温度を推定する温度推定部とを含む。プロセッサシステムは、プロセッサとメモリを含み、前記温度推定部は前記プロセッサに設けられ、メモリには、前記プロセッサに負荷をかけた場合における、前記複数の発熱ブロックと前記特定ブロックの温度差に関する情報が記憶されてもよい。

[0019] なお、以上の構成要素の任意の組合せ、本発明の表現を方法、装置、システム、記録媒体、コンピュータプログラムなどの間で変換したものもまた、本発明の態様として有効である。

## 発明の効果

[0020] 本発明によれば、負荷によるプロセッサの発熱状態を正確に把握することができる。

## 図面の簡単な説明

[0021] [図1]実施の形態に係るプロセッサシステムの構成図である。

[図2]実施の形態に係る温度推定装置の構成図である。

[図3]図1のプロセッサのホットスポットと温度センサの位置関係を説明する図である。

[図4]最大負荷時におけるセンサ温度とプロセッサの最高温度の関係を示す図である。

[図5]個別負荷時におけるセンサ温度とホットスポットの温度の関係を示す図である。

[図6]図2の温度推定部による温度推定係数の取得手順を説明するフローチャートで

ある。

[図7]図2の温度推定部による温度推定手順を説明するフローチャートである。

[図8]温度推定係数を動的に調整する場合における温度推定装置の構成図である。

[図9]温度センサの設置位置を調整する様子を示す図である。

[図10]温度センサの設置位置の学習手順を説明するフローチャートである。

[図11]図1のプロセッサのホットスポットと複数の温度センサの位置関係を説明する図である。

[図12]異種混合型のマルチプロセッサシステムの構成と温度センサの設置位置を説明する図である。

### 符号の説明

- [0022] 10 プロセッサシステム、20 温度推定装置、100 プロセッサ、110 メモリ、120 温度センサ、130 全体熱量測定部、140 温度推定部、150 動作周波数制御部、160 記憶部、162 最大負荷時温度推定係数、164 個別負荷時温度推定係数、170 負荷測定部、180 負荷分散部。

### 発明を実施するための最良の形態

- [0023] 図1は、実施の形態に係るプロセッサシステム10の構成図である。プロセッサシステム10は、プロセッサ100とメモリ110を含み、これらはバスで接続されている。プロセッサ100には、デバイス内部の温度を測定するための温度センサ120が設けられる。温度センサ120は、プロセッサ100のパッケージ上のダイ(die)に直接設けられ、プロセッサ100内部の特定箇所の温度を測定する。
- [0024] 全体熱量測定部130は、プロセッサ100の外部に設けられ、プロセッサ100の全体の熱量を測定する。全体熱量測定部130は、プロセッサ100のヒートシンクなどによる温度センサである。ヒートシンクのような非常に大きな熱容量をもつものをチップ上に設置すると、プロセッサ100の平均的な熱量を測定することができる。より正確にプロセッサ100の熱量を測定するために、プロセッサ100の消費電力を測定してもよい。
- [0025] 図2は、実施の形態に係る温度推定装置20の構成図である。温度推定装置20の機能ブロックは、図1のプロセッサ100、メモリ110、およびメモリ110にロードされたソフトウェアの連携によって実現される。これらの機能ブロックがハードウェアのみ、ソフ

トウェアのみ、またはそれらの組み合わせによっていろいろな形で実現できることは、当業者には理解されるところである。

- [0026] 温度推定部140は、温度センサ120が測定するプロセッサ100内部の特定箇所の温度に関するデータと、全体熱量測定部130が測定するプロセッサ100の全体熱量に関するデータを受け取り、これらのデータにもとづいて、プロセッサ100に発生する複数のホットスポットの温度を推定し、複数のホットスポットの温度からプロセッサ100の最高温度を推定する。温度推定部140は、プロセッサ100の全体熱量の大小によって、記憶部160に格納された最大負荷時温度推定係数162と個別負荷時温度推定係数164を切り替えて参照し、温度センサ120による特定箇所の検出温度をホットスポットの温度に変換する温度推定関数をあてはめて、ホットスポットの温度を求める。
- [0027] 記憶部160は、図1のプロセッサシステム10のメモリ110内に実現されてもよく、プロセッサ100内のキャッシュメモリ内に実現されてもよい。
- [0028] 動作周波数制御部150は、温度推定部140が推定したプロセッサ100の最高温度が所定の限界温度を超えた場合に、プロセッサ100の動作周波数を下げる制御を行う。
- [0029] 図3(a)、(b)は、プロセッサ100のホットスポットと温度センサ120の位置関係を説明する図である。プロセッサ100のチップの領域全体は、図3(a)に示すように小さな領域に区分けされる。この小領域を演算ブロックとよぶ。
- [0030] 演算ブロックは、チップを構成するトランジスタ単体もしくはある程度の数のトランジスタの集合である。演算ブロックは、スポット的に発熱のピークが現れる領域の大きさに合わせて区切られるが、演算ブロックの大きさは、温度推定の目標精度などの要件によって自由に決めてよい。また、演算ブロックは同一サイズで規則的に区切られてもよいが、各種演算ユニットの境界に合わせて不規則に区切られてもよい。
- [0031] プロセッサ100のホットスポットとなりうる箇所を特定するために、プロセッサ100に最大負荷をかけてプロセッサ100の温度分布を検出する。図3(a)は、プロセッサ100の温度分布を示すものであり、各演算ブロック内の数字はその演算ブロックの温度を示している。同図で斜線を付した3つの演算ブロックが最高温度の85度になってお



り、これらの演算ブロックがホットスポットとして特定される。温度を表す数字を丸で囲んだ演算ブロックの位置には、温度センサ120が設けられている。したがって、温度センサ120はこの演算ブロックの温度である60度を検知することになる。

[0032] 図3(b)は、図3(a)に対応して3つのホットスポットである演算ブロックA、B、Cと、温度センサ120の設けられた演算ブロックSの位置を示す図である。演算ブロックSに設けられた温度センサ120が検出する温度(以下、単にセンサ温度という)を $T_s$ と表記し、ホットスポットA、B、Cの温度を $T_A$ 、 $T_B$ 、 $T_C$ と表記する。温度センサ120は、最大負荷時においてホットスポットA、B、Cの温度を測定するのに最も適した位置に設置されることが好ましい。たとえば、3つのホットスポットA、B、Cから等距離にある位置や、プロセッサ100全体の温度分布や回路構成を考慮して、各ホットスポットA、B、Cの温度を均等な精度で測定できる位置に温度センサ120を設置する。

[0033] 温度推定部140は、検出されたセンサ温度 $T_s$ から各ホットスポットA、B、Cの温度 $T_A$ 、 $T_B$ 、 $T_C$ を間接的に推定する。温度推定を正確に行うために、シミュレーションによってプロセッサ100全体に最大負荷をかけたり、ホットスポットとなる演算ブロックを中心に選択的に負荷をかけて、事前に温度推定関数を求めておく。

[0034] 図4は、最大負荷時におけるセンサ温度 $T_s$ とプロセッサ100の最高温度の関係を示す図である。プロセッサ100全体に最大負荷がかかるタスクをシミュレーションにより実行した場合に、センサ温度 $T_s$ が50度になったとき、ホットスポットA、B、Cの温度 $T_A$ 、 $T_B$ 、 $T_C$ とセンサ温度 $T_s$ の差(以下、単に温度差分という) $\Delta T_A$ 、 $\Delta T_B$ 、 $\Delta T_C$ はそれぞれ、23度、25度、24度であり、このときのプロセッサ100の最高温度は、ホットスポットBの温度である75度である。

[0035] また、センサ温度 $T_s$ が55度になったとき、ホットスポットA、B、Cの温度差分 $\Delta T_A$ 、 $\Delta T_B$ 、 $\Delta T_C$ はそれぞれ、25度、24度、22度であり、このときのプロセッサ100の最高温度は、ホットスポットAの温度である80度である。さらに、センサ温度 $T_s$ が60度まで上がったとき、ホットスポットA、B、Cの温度差分 $\Delta T_A$ 、 $\Delta T_B$ 、 $\Delta T_C$ はいずれも25度であり、このときのプロセッサシステム10の最高温度は、ホットスポットA、B、Cの温度である85度である。

[0036] 温度推定部140は、図4の測定結果をもとに、最大負荷時において、センサ温度 $T$

$T_s$  からホットスポットの温度  $T_A$ 、 $T_B$ 、 $T_C$  を推定する温度推定関数を求める。最大負荷時のホットスポットの温度は、基本的にはセンサ温度に温度差分を重ね合わせることで得られるが、より一般的には、ホットスポットの温度はセンサ温度に関する関数と考えることができる。温度推定関数の一例は、次の一次関数である。

$$T_i = a_M T_s + b_M$$

ここで、 $i$  はホットスポット A、B、C のいずれかを指す。最大負荷時の温度推定関数の係数  $a_M$ 、 $b_M$  は、図4の測定結果にもとづいて、 $a_M = 1$ 、 $b_M = 25$  と近似することができる。

[0037] 記憶部160には、こうして得られた係数  $a_M$ 、 $b_M$  が最大負荷時温度推定係数162として記憶される。温度推定部140は、記憶部160に格納された最大負荷時温度推定係数162を用いて、センサ温度  $T_s$  に温度推定関数をあてはめ、最大負荷時の各ホットスポット A、B、C の温度  $T_A$ 、 $T_B$ 、 $T_C$  を求める。

[0038] 図5(a)～(c)は、個別負荷時におけるセンサ温度  $T_s$  とホットスポット A、B、C の温度  $T_A$ 、 $T_B$ 、 $T_C$  の関係を示す図である。図5(a)は、ホットスポット A の演算ブロックに集中的な負荷がかかるタスクをシミュレーションにより実行した場合において、センサ温度  $T_s$  とホットスポット A の温度  $T_A$  の関係を示したものである。このとき、他のホットスポット B、C には負荷がかかっていないか、負荷がかかっているとしてもその負荷は相対的に小さいものとする。

[0039] ホットスポット A に個別負荷をかけた場合、センサ温度  $T_s$  が50度になったとき、ホットスポット A の温度  $T_A$  は65度である。また、センサ温度  $T_s$  が60度になったとき、ホットスポット A の温度  $T_A$  は75度である。さらに、センサ温度  $T_s$  が70度になったとき、ホットスポット A の温度  $T_A$  は85度である。この関係より、個別負荷時のホットスポット A の温度  $T_A$  とセンサ温度  $T_s$  の温度差分  $\Delta T_A$  は15度である。

[0040] 温度推定部140は、図5(a)の測定結果をもとに、個別負荷時において、センサ温度  $T_s$  からホットスポット A の温度  $T_A$  を推定する温度推定関数を次の一次関数で近似する。

$$T_A = a_m T_s + b_m$$

ここで、個別負荷時の温度推定関数の係数  $a_m$ 、 $b_m$  は、図5(a)の測定結果にもとづいて

て、 $a_m = 1$ 、 $b_m = 15$ と求めることができる。記憶部160には、こうして得られた係数 $a_m$ 、 $b_m$ が個別負荷時温度推定係数164として記憶される。

[0041] 同様に、図5(b)は、ホットスポットBの演算ブロックに集中的に負荷をかけた場合に、センサ温度 $T_s$ とホットスポットBの温度 $T_B$ の関係を示したものである。この関係より、個別負荷時において、センサ温度 $T_s$ からホットスポットBの温度 $T_B$ を推定する温度推定関数を1次関数などで近似して求め、得られた係数を個別負荷時温度推定係数164として記憶部160に記憶する。同様に、図5(c)は、ホットスポットCの演算ブロックに集中的に負荷をかけた場合に、センサ温度 $T_s$ とホットスポットCの温度 $T_C$ の関係を示したものであり、この関係より、個別負荷時において、センサ温度 $T_s$ からホットスポットCの温度 $T_C$ を推定する温度推定関数を求め、得られた係数を個別負荷時温度推定係数164として記憶部160に記憶する。

[0042] このようにして、記憶部160には、ホットスポット毎に個別負荷時温度推定係数164が記憶されることになる。温度推定部140は、記憶部160に格納された個別負荷時温度推定係数164を用いて、センサ温度 $T_s$ に温度推定関数をあてはめ、個別負荷時の各ホットスポットA、B、Cの温度 $T_A$ 、 $T_B$ 、 $T_C$ を求める。

[0043] 温度推定関数を求める代わりに、図5(a)～(c)のようなセンサ温度 $T_s$ の値に対する各ホットスポットA、B、Cの温度 $T_A$ 、 $T_B$ 、 $T_C$ の値を格納したテーブルを記憶部160に格納してもよい。この場合、温度推定部140は、テーブルを参照することにより、センサ温度 $T_s$ の値に対応する各ホットスポットA、B、Cの温度 $T_A$ 、 $T_B$ 、 $T_C$ の値を取得することができる。

[0044] 図6は、温度推定部140による温度推定係数の取得手順を説明するフローチャートである。

[0045] まず、シミュレーションツールなどによって、プロセッサ100に最大負荷をかけ、最大負荷パターンのもとでプロセッサ100の温度分布を測定する(S10)。プロセッサ100の温度分布は、プロセッサ100の各演算ブロックの温度を検出することによって得られる。各演算ブロックの温度は実測によって求めてもよく、プロセッサ100の回路設計時のシミュレータなどにより発熱量を計算することで各演算ブロックの温度を求めてもよい。

- [0046] 得られた温度分布から、プロセッサ100のホットスポットを特定する(S12)。ホットスポットは、図3(a)で説明したように、最高温度をもつ演算ブロックである。最高温度をもつ演算ブロックが複数あれば、複数のホットスポットが特定される。ここで、最高温度をもつ演算ブロックだけでなく、たとえば、2番目、3番目に高い温度をもつ演算ブロックをホットスポットとして選んでもよい。
- [0047] 温度推定部140は、ホットスポットの温度とセンサ温度の関係から最大負荷時の温度推定式を求め(S14)、最大負荷時の温度推定式の係数を最大負荷時温度推定係数162として記憶部160に記録する(S16)。温度推定式は、センサ温度をホットスポットの温度に変換する一次関数または高次関数である。
- [0048] 次に、シミュレーションツールなどによって、ステップS12で特定されたホットスポットの各々に集中的な負荷をかけ、各ホットスポットを中心とした個別負荷パターンのもとでプロセッサ100の温度分布を測定する(S18)。個別負荷時の温度分布測定の際、プロセッサ100のすべての演算ブロックの温度を測定しなくてもよく、少なくとも負荷が集中的にかかっているホットスポットの演算ブロックについて温度が測定されていればよい。
- [0049] 温度推定部140は、各ホットスポットの温度とセンサ温度の関係から、各ホットスポットについて個別負荷時の温度推定式を求め(S20)、各ホットスポットについて、個別負荷時の温度推定式の係数を個別負荷時温度推定係数164として記憶部160に記録する(S22)。
- [0050] 図7は、温度推定部140による温度推定手順を説明するフローチャートである。
- [0051] 全体熱量測定部130は、プロセッサ100の全体の熱量を測定し、全体熱量の大きさを判定する(S30)。全体熱量が所定の閾値よりも大きい場合(S30のY)、温度推定部140は、記憶部160に格納された最大負荷時温度推定係数162を参照し、最大負荷時の温度推定関数によってプロセッサ100の最高温度を推定する(S32)。
- [0052] 全体熱量が大きい場合は、負荷が大きい演算ブロックが多数あり、演算ブロックによって温度の高低があるが、全体的には温度が高いレベルにある。したがって、演算ブロック毎の差はあるものの、発熱がピークになる箇所とセンサ位置の温度差は、最大負荷時におけるホットスポットとセンサ位置の温度差で近似することができる。そこ

で、全体熱量が大きいときは、最大負荷時の温度推定関数をあてはめて、センサ温度をホットスポットの温度に変換し、そのホットスポットの温度をプロセッサ100の最高温度と推定する。温度推定部140は、最大負荷時の温度推定関数を用いて推定された最高温度を動作周波数制御部150に与える。

- [0053] 動作周波数制御部150は、温度推定部140が推定した最高温度が所定の閾値よりも大きい場合(S36のY)、プロセッサ100の動作周波数を下げる制御を行う(S38)。たとえば、プロセッサ100の限界温度が85度であるとする、所定の閾値は85度に設定され、図4の例では、センサ温度が60度に達した場合に、温度推定部140により最高温度が85度と推定され、動作周波数制御部150により動作周波数を下げる制御が行われる。
- [0054] 温度推定部140が推定した最高温度が所定の閾値以下である場合(S36のN)動作周波数制御部150は、動作周波数を制御せず、処理はステップS30に戻る。
- [0055] ステップS30において、プロセッサ100の全体熱量が所定の閾値以下である場合(S30のN)、温度推定部140は、記憶部160に格納された個別負荷時温度推定係数164を参照し、個別負荷時の温度推定関数によってプロセッサ100の最高温度を推定する(S34)。
- [0056] 全体熱量が小さい場合は、プロセッサ100全体には大きな負荷はかかっているが、特定の箇所に集中的に負荷がかかり、局所的に高温になっている可能性がある。すなわち、演算ブロック毎に温度の違いが大きく、センサ温度との温度差はさまざまな値となりうる。このような場合、発熱がピークになる箇所とセンサ位置の温度差は、ホットスポットに集中的に負荷をかけたときのホットスポットとセンサ位置の温度差で近似するのが好ましい。そこで、全体熱量が小さいときは、個別負荷時の温度推定関数をあてはめて、センサ温度をホットスポットの温度に変換し、そのホットスポットの温度をプロセッサ100の最高温度と推定する。
- [0057] 複数のホットスポットがある場合は、それぞれのホットスポットについて、個別に集中的な負荷がかかっていると想定した場合に、それぞれの個別負荷時の温度推定関数をあてはめて、センサ温度から各ホットスポットの温度を求め、各ホットスポットの温度のうち、最も高い温度をプロセッサ100の最高温度とする。すなわち、いずれのホッ

トスポットに負荷がかかっているかはわからないため、最悪の場合を想定してプロセッサ100の最高温度を見積もる。

- [0058] たとえば、図5(a)～(c)の例において、現在のセンサ温度が60度で、プロセッサ100の限界温度が85度であるとする。仮にホットスポットAに負荷が集中していたとすると、図5(a)より、センサ温度60度に対応するホットスポットAの温度 $T_A$ は75度であり、限界温度以下である。また、仮にホットスポットBに負荷が集中していたとすると、図5(b)より、ホットスポットBの温度 $T_B$ は72度であり、やはり限界温度以下である。
- [0059] しかし、仮にホットスポットCに負荷が集中していたとすると、図5(c)より、ホットスポットCの温度 $T_C$ は85度であり、限界温度に達する。いずれのホットスポットに負荷が集中しているかはわからないが、最悪の場合を想定すると、ホットスポットCに負荷が集中して、ホットスポットCが限界温度に達している可能性がある。温度推定部140は、プロセッサ100の全体熱量が小さい場合には、ホットスポット毎に個別負荷がかかった場合を想定し、各ホットスポットの温度を求め、最も温度が高いホットスポットを選び、そのホットスポットの温度をプロセッサ100の最高温度とする。
- [0060] 温度推定部140は、このようにして個別負荷時の温度推定関数を用いて推定された最高温度を動作周波数制御部150に与え、動作周波数制御部150は、最大負荷時と同様に、ステップS36、S38の処理を行う。
- [0061] 本実施の形態の温度推定装置20によれば、シミュレーションや実験などによりあらかじめプロセッサ100のホットスポットを特定しておき、温度センサ120による検出温度とホットスポットの温度の差に関する情報を記憶しておくことで、温度センサ120による検出温度からプロセッサ100の最高温度を簡単な構成で推定することができる。
- [0062] ヒートシンクなどの強力な冷却機構によって、チップ全体の熱流束すなわち単位面積あたりの発熱量が大きくなれば、どんなチップであっても局所的なホットスポットが発生しやすくなり、複数のホットスポットが分散して生じることになる。本実施の形態の温度推定装置20によれば、複数のホットスポットに対応した温度推定関数によって、センサ温度からプロセッサ100の最高温度を推定することができるため、温度センサ120の設置個数を抑えて、プロセッサ100の製造コストを削減することができる。
- [0063] また、本実施の形態の温度推定装置20によるプロセッサ100の温度推定方法では

、プロセッサ100の全体熱量の大小によって、最大負荷時の温度推定係数と個別負荷時の温度推定係数を切り替え、センサ温度からホットスポットの温度を求め、プロセッサ100の最高温度を推定する。全体の熱量が小さいときに、最大負荷時の温度推定係数を使うと、最高温度を過大評価してしまい、誤差が生じることがあるが、本実施の形態の温度推定方法では、全体の熱量が小さいときには、個別負荷時の温度推定係数を用いるため、誤差を小さく抑えることができる。

[0064] 上記の説明では、最大負荷時および個別負荷時の温度推定関数の係数は、シミュレーションで求めた値に固定されていたが、この係数をプロセッサ100の負荷に応じて動的に変更してもよい。

[0065] 図8は、温度推定係数を動的に調整する場合における温度推定装置20の構成図である。温度推定装置20は、図2の構成以外に負荷測定部170を有する。

[0066] 負荷測定部170は、プロセッサ100において実行される命令やタスクをハードウェアもしくはソフトウェアによってモニタリングすることにより、プロセッサ100の各ホットスポットに相当する演算ブロックの動作時の負荷をリアルタイム測定し、各ホットスポットの負荷情報を温度推定部140に与える。

[0067] 温度推定部140は、負荷測定部170によって与えられた各ホットスポットの負荷情報にもとづいて、最大負荷時および個別負荷時の温度推定関数の係数を調整する。具体的には、温度推定関数が一次関数 $T_i = aT_s + b$ である場合、温度推定係数 $a$ 、 $b$ を負荷 $\alpha$ の関数として扱い、温度推定係数 $a$ 、 $b$ を負荷 $\alpha$ によって調整する。たとえば、負荷 $\alpha$ が小さい場合には、温度推定係数 $a$ 、 $b$ の値が小さくなるように補正することにより、温度推定の際の過大評価を避ける。また、負荷 $\alpha$ が大きい場合には、温度推定係数 $a$ 、 $b$ の値が大きくなるように補正することにより、プロセッサ100の最高温度を実際よりも低く推定してしまう危険性を回避する。

[0068] 温度推定部140は、負荷測定部170から得られるホットスポットの負荷情報以外に、動作周波数や電源電圧などを用いて、ホットスポットの発熱量を推定し、推定された発熱量にもとづいて、温度推定係数を調整してもよい。

[0069] 温度推定係数の動的調整は、最大負荷時の温度推定関数、個別負荷時の温度推定関数のいずれか、もしくは両方に用いることができる。温度推定係数の動的調整に

より、温度推定関数が定常関数から非定常関数に変わり、負荷状況によってセンサ出力が補正される。プロセッサ100の全体熱量をもとにセンサ温度から推定される基準温度に個別の負荷状況を反映させ、プロセッサ100の最高温度をより高い精度で推定することができる。

[0070] 上記の説明では、温度センサ120は、最大負荷をかけた場合に、ホットスポットの温度を偏りなく測定できる位置に設置された。一般に、ホットスポットが複数存在する場合、温度センサ120は、複数のホットスポットのそれぞれの温度を均等な精度で検出できることが望ましい。温度センサ120を特定のホットスポットに近づけ、他のホットスポットから遠ざけて設置すると、近くにあるホットスポットについては高い精度で温度を検出できるが、遠くにあるホットスポットの温度の測定精度は落ちてしまうからである。

[0071] 温度センサ120とホットスポットの位置関係は、最大負荷パターンのときだけでなく、他の負荷パターンのときにも対応できるように最適化することがより好ましい。そこで、負荷条件をランダムに振り、プロセッサ100にいろいろな負荷パターンを与え、センサ温度が最も安定して各ホットスポットの温度と連動する位置、言い換えれば、ホットスポットの温度のばらつきによる影響が最も少ない位置を求め、その位置に温度センサ120を配置する。

[0072] 図9は、温度センサ120の設置位置を調整する様子を示す。プロセッサ100にランダムな負荷をかけて、温度センサ120の位置を学習により逐次的に調整する。たとえば、第*i*回目の温度センサ120の位置が同図の $S_i$ の位置にあったとする。このとき、ある負荷パターンのもと、センサ温度 $T_s$ と各ホットスポットA、B、Cの温度 $T_A$ 、 $T_B$ 、 $T_C$ の差 $\Delta T_A$ 、 $\Delta T_B$ 、 $\Delta T_C$ を求めたとき、 $\Delta T_A$ 、 $\Delta T_B$ 、 $\Delta T_C$ の値にばらつきがあったとする。たとえば、センサ温度 $T_s$ が60度であるとき、 $\Delta T_A = 10$ 、 $\Delta T_B = 5$ 、 $\Delta T_C = 20$ である場合、センサ位置をホットスポットCに近づけることで、ホットスポットCの温度の測定感度を上げることが望ましい。そこで、温度センサ120の位置を $S_i$ からホットスポットCに近い $S_{i+1}$ の位置に変更する。

[0073] 図10は、温度センサ120の設置位置の学習手順を説明するフローチャートである。ランダムな負荷をプロセッサ100にかけて、その負荷パターンのもとでプロセッサ100の温度分布を測定する(S50)。温度分布の測定により、複数のホットスポットの温度



と、現在の設置位置における温度センサ120のセンサ温度とが得られる。

- [0074] 各ホットスポットの温度とセンサ温度の差を測定する(S52)。各ホットスポットとセンサの温度差のばらつきが少なくなるように、温度センサ120の位置を調整する(S54)。このセンサ位置調整は、各ホットスポットとセンサの温度差がホットスポット間で均等になる方向に、センサ位置を調整することで行われる。
- [0075] センサ位置の学習を停止する場合(S56のY)、現在の温度センサ120の位置を最適位置とし、終了するが、センサ位置の学習を停止しない場合(S56のN)、ステップS50に戻り、さらにランダムな負荷パターンを与えて、センサ位置を調整する処理を繰り返す。
- [0076] このようにランダムな負荷を繰り返し与えて、センサ位置を最適化することにより、未知の負荷パターンに対して、いずれかのホットスポットが限界温度に達した場合に、温度センサ120による検出温度からプロセッサ100が限界温度に達していることを確実に推定できるようになる。これによって、負荷変動やチップ上の温度分布のばらつきなどによるプロセッサ100の最高温度の推定誤差を一層低減し、温度推定精度を向上することができる。
- [0077] 上記の説明では、温度センサ120をプロセッサ100に1つ設けた場合を説明したが、プロセッサ100には複数の温度センサ120を設けてもよい。図11は、プロセッサ100のホットスポットと複数の温度センサ120の位置関係を説明する図である。同図に示すように、プロセッサ100は4つの大きなエリアに分けられ、各エリア内で、ホットスポットとなる演算ブロックが特定され、各エリア毎にホットスポットの温度を推定するための温度センサ120が設けられる。
- [0078] ホットスポットA～Cの温度を推定するのは、センサ位置 $S_1$ に設けられた温度センサである。センサ位置 $S_1$ は既に述べた学習手順により最適化されたものであってもよい。同様に、ホットスポットD～Fの温度を推定するのは、センサ位置 $S_2$ に設けられた温度センサであり、ホットスポットG～Iの温度を推定するのは、センサ位置 $S_3$ に設けられた温度センサであり、ホットスポットJ～Lの温度を推定するのは、センサ位置 $S_4$ に設けられた温度センサである。
- [0079] プロセッサ100のホットスポットの個数やホットスポットの分布によって、温度センサ1

20を設置する個数、設置箇所には設計の自由度があり、実験やシミュレーションによって決めることができる。ホットスポットが多数存在する場合でも、ホットスポットをグループ分けして、グループ内のホットスポットの温度検出を担当する温度センサ120を割り当て、少ない数の温度センサ120によって、プロセッサ100の最高温度を推定することができ、製造コスト削減につながる。

[0080] 以上、本発明を実施の形態をもとに説明した。これらの実施の形態は例示であり、それらの各構成要素や各処理プロセスの組合せにいろいろな変形例が可能なこと、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは当業者に理解されるところである。そのような変形例を説明する。

[0081] 実施の形態では、1つのプロセッサ100を含むプロセッサシステム10において、プロセッサ100のホットスポットの温度を推定したが、メインプロセッサ、サブプロセッサなどの複数のプロセッサモジュールを含むマルチプロセッサシステムにおいて、マルチプロセッサシステム全体の発熱制御を目標として、メインプロセッサ、サブプロセッサなどの各モジュールのホットスポットの温度を推定してもよい。

[0082] 実施の形態では、プロセッサ100の最高温度が所定の閾値を超えた場合に、プロセッサ100の動作周波数を下げる制御を行ったが、発熱対策としては、これ以外の方法を採用してもよい。たとえば、プロセッサ100の全体熱量が小さく、特定の箇所に負荷が集中しているために、特定の演算ブロックだけが高温となっている場合には、タスクを他の演算ブロックに振り分ける負荷分散を行ってもよい。この場合、図2および図8に示すように、温度推定装置20に負荷分散部180をさらに設け、負荷分散部180が、演算ブロックの発熱状況に応じて、負荷を複数の演算ブロック間で振り分けることにより、プロセッサの発熱を平準化する。負荷の振り分けはタスク単位で行われてもよく、粒度の細かい命令単位で行われてもよい。なお、負荷分散部180は、動作周波数制御部150の代わりに設けられてもよく、動作周波数制御部150と併設されてもよい。動作周波数制御部150と負荷分散部180が併設される場合は、状況に応じて、動作周波数制御と負荷分散を切り替えて実行したり、動作周波数制御と負荷分散を組み合わせて実行することもできる。

[0083] この発熱対策としての負荷分散は、複数のプロセッサをもつマルチプロセッサシス

テムにおいて特に有効である。負荷分散部180が複数のプロセッサ間で負荷を振り分けることによって、特定のプロセッサに負荷が集中して発熱により限界温度を超えるのを防ぐことができる。ここで、マルチプロセッサシステムは、複数の同種のプロセッサエレメントを含む均質(homogeneous)型と、複数の同種のプロセッサエレメント以外に制御用プロセッサを含む異種混合(heterogeneous)型とがある。図12は、異種混合型のマルチプロセッサシステム200の構成と温度センサの設置位置を説明する図である。制御用プロセッサ210は図2または図8の温度推定装置20の機能構成を備え、8個のプロセッサエレメント220a~hの温度推定を行う。同図のように、3個の温度センサが8個のプロセッサエレメント220a~hの境界付近のセンサ位置 $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ に設置され、温度推定装置20の温度推定部140は、各温度センサから温度の測定データを取得する。温度推定装置20の負荷分散部180は、温度推定部140による温度推定結果にもとづいて8個のプロセッサエレメント220a~h間で負荷の振り分けを行う。なお、温度センサの数と設置位置は一例を示したものであり、温度センサの数を増やしたり、設置位置を異ならせてもよい。

[0084] 均質型のマルチプロセッサシステムの場合は、複数の同種のプロセッサエレメントのうち、いずれか1つのプロセッサエレメントが温度推定装置20の機能構成をもち、自プロセッサエレメントと残りの他のプロセッサエレメントに対して温度推定と負荷分散を行ってもよい。また、均質型のマルチプロセッサシステムにおいて、すべての同種のプロセッサエレメントが温度推定装置20の機能構成をもち、それぞれのプロセッサエレメント内で独立に温度推定と負荷分散を行ってもよい。また、温度推定装置20の機能構成をソフトウェアで実現する場合についても同様に、1つのプロセッサエレメントが、自プロセッサエレメントと残りの他のプロセッサエレメントに対して温度推定と負荷分散の機能をソフトウェア処理として実行してもよく、もしくはすべてのプロセッサエレメントがそれぞれ温度推定と負荷分散の機能をソフトウェア処理として独立に実行してもよい。

[0085] マルチプロセッサシステムの場合でも、発熱対策として、負荷分散に代えて、あるいは負荷分散とともに、動作周波数制御を行うことができる。その場合、温度推定装置20の動作周波数制御部150は、すべてのプロセッサエレメントに対して一斉に動作

周波数を下げる制御を行ってもよいが、個々のプロセッサエレメントに対して独立に動作周波数を制御できる構成の場合、複数のプロセッサエレメントの内、少なくともホットスポットが検出されたプロセッサエレメントに対して動作周波数を下げる制御を行ってもよい。

[0086] さらに別の発熱対策として、ホットスポットとなった演算ブロックを局所的に冷却ノズルを用いて冷却する方法をとってもよい。このようなピンポイントの放熱制御は、プロセッサ100の全体熱量が小さく、特定の箇所だけが局所的に発熱している場合に効果的である。また、プロセッサシステム10の電源電圧を下げるなどの緊急処置をとるように構成してもよい。

[0087] 実施の形態では、プロセッサ100のホットスポットの温度を推定する処理をプロセッサ100自身が行ったが、プロセッサ100の外部で温度センサ120からの出力にもとづいて温度を推定する処理を行ってもよく、図2の温度推定装置20の構成は、プロセッサ100の外部に設けられてもよい。また、温度センサ120に演算機能をもたせ、温度センサ120自身が温度を推定する処理を行ってもよい。

[0088] 実施の形態のプロセッサシステムを搭載した情報処理装置を構成してもよい。そのような情報処理装置としてパーソナルコンピュータ、各種携帯機器などがある。

#### 産業上の利用可能性

[0089] 本発明は、プロセッサの発熱制御の分野に適用することができる。

### 請求の範囲

- [1] 当該プロセッサの特定ブロックの温度を測定するセンサと、  
前記センサにより検出される前記特定ブロックの温度をもとに、前記プロセッサの複数の発熱ブロックの温度を推定する温度推定部とを含むことを特徴とするプロセッサ。
- [2] 当該プロセッサに負荷をかけた場合における、前記複数の発熱ブロックと前記特定ブロックの温度差に関する情報を記憶する記憶部をさらに含み、  
前記温度推定部は、前記記憶部に記憶された前記温度差に関する情報を参照して、前記複数の発熱ブロックの温度を推定することを特徴とする請求項1に記載のプロセッサ。
- [3] 前記記憶部は、当該プロセッサ全体に最大負荷をかけた場合における、前記特定ブロックの検出温度と前記複数の発熱ブロックの温度の対応関係に関する情報を記憶し、  
前記温度推定部は、前記最大負荷をかけた場合における前記対応関係に関する情報を参照して、前記複数の発熱ブロックの温度を推定することを特徴とする請求項2に記載のプロセッサ。
- [4] 前記記憶部は、さらに前記複数の発熱ブロックの各々に個別に負荷をかけた場合における、前記センサによる前記特定ブロックの検出温度と前記複数の発熱ブロックの温度の対応関係に関する情報を記憶し、  
前記温度推定部は、前記個別に負荷をかけた場合における前記対応関係に関する情報を参照して、各発熱ブロックの温度を個別に推定することを特徴とする請求項3に記載のプロセッサ。
- [5] 当該プロセッサの全体熱量を測定する熱量測定部をさらに含み、  
前記温度推定部は、前記熱量測定部によって測定された全体熱量に応じて前記最大負荷をかけた場合における前記対応関係と、前記個別に負荷をかけた場合における前記対応関係のいずれかに切り替えて、前記複数の発熱ブロックの温度を推定することを特徴とする請求項4に記載のプロセッサ。
- [6] 前記複数の発熱ブロックのそれぞれの動作負荷を測定する負荷測定部をさらに含

み、

前記温度推定部は、前記負荷測定部により測定された動作負荷に応じて、前記複数の発熱ブロックの温度の推定値を補正することを特徴とする請求項1から5のいずれかに記載のプロセッサ。

- [7] 前記センサは、前記センサによる前記特定ブロックの検出温度をもとにして推定される前記複数の発熱ブロックの温度の推定誤差が相対的に小さくなる位置に配置されることを特徴とする請求項1から6のいずれかに記載のプロセッサ。
- [8] 前記温度推定部による温度推定をもとに当該プロセッサの演算ブロック間で負荷を振り分ける負荷分散部をさらに含むことを特徴とする請求項1から7のいずれかに記載のプロセッサ。
- [9] 前記温度推定部による推定温度が所定の閾値を超えた場合に、当該プロセッサの動作周波数を下げる制御を行う動作周波数制御部をさらに含むことを特徴とする請求項1から8のいずれかに記載のプロセッサ。
- [10] プロセッサに負荷をかけた状態における、センサによる前記プロセッサの特定ブロックの検出温度と前記プロセッサの複数の発熱ブロックの温度の対応関係に関する情報をあらかじめ取得し、前記対応関係に関する情報を参照して、前記センサによる前記特定ブロックの検出温度から前記複数の発熱ブロックの温度を推定することを特徴とする温度推定方法。
- [11] 推定された温度をもとに前記プロセッサの演算ブロック間で負荷を振り分けることを特徴とする請求項10に記載の温度推定方法。
- [12] 推定された温度が所定の閾値を超えた場合に、前記プロセッサの動作周波数を下げる制御を行うことを特徴とする請求項10または11に記載の温度推定方法。
- [13] プロセッサ全体の発熱量が相対的に大きい場合、前記プロセッサに最大負荷をかけた状態における、センサによるプロセッサの特定ブロックの検出温度と前記プロセッサの発熱ブロックの温度の差にもとづいて、前記検出温度から前記プロセッサの最高温度を推定し、前記発熱量が相対的に小さい場合、前記発熱ブロックに選択的に負荷をかけた状態における、前記センサによる前記特定ブロックの検出温度と前記発熱ブロックの温度の差にもとづいて、前記検出温度から前記プロセッサの最高温度を

推定することを特徴とする温度推定方法。

- [14] 前記発熱ブロックの動作負荷に応じて前記プロセッサの最高温度の推定値を補正することを特徴とする請求項13に記載の温度推定方法。
- [15] 推定された温度をもとに前記プロセッサの演算ブロック間で負荷を振り分けることを特徴とする請求項13または14に記載の温度推定方法。
- [16] 推定された温度が所定の閾値を超えた場合に、前記プロセッサの動作周波数を下げる制御を行うことを特徴とする請求項13から15のいずれかに記載の温度推定方法。
- [17] プロセッサにランダムな負荷を与え、センサによる前記プロセッサの特定ブロックの検出温度と前記プロセッサの複数の発熱ブロックの温度の差を測定し、前記検出温度から前記複数の発熱ブロックの温度を推定する際の推定誤差を求め、前記推定誤差が相対的に小さくなるように前記センサにより温度が検出される特定ブロックの位置を調整することを特徴とする温度推定方法。
- [18] プロセッサの特定ブロックの温度を測定するセンサと、  
前記センサにより検出される前記特定ブロックの温度をもとに、前記プロセッサの複数の発熱ブロックの温度を推定する温度推定部とを含むことを特徴とするプロセッサシステム。
- [19] 前記温度推定部による温度推定をもとに前記プロセッサの演算ブロック間で負荷を振り分ける負荷分散部をさらに含むことを特徴とする請求項18に記載のプロセッサシステム。
- [20] 当該プロセッサシステムは、複数のプロセッサを含むマルチプロセッサシステムであり、  
前記負荷分散部は、前記温度推定部による温度推定をもとに前記複数のプロセッサ間で負荷を振り分けることを特徴とする請求項19に記載のプロセッサシステム。
- [21] 前記温度推定部による推定温度が所定の閾値を超えた場合に、前記プロセッサの動作周波数を下げる制御を行う動作周波数制御部をさらに含むことを特徴とする請求項18から20のいずれかに記載のプロセッサシステム。
- [22] 当該プロセッサシステムは、複数のプロセッサを含むマルチプロセッサシステムであ

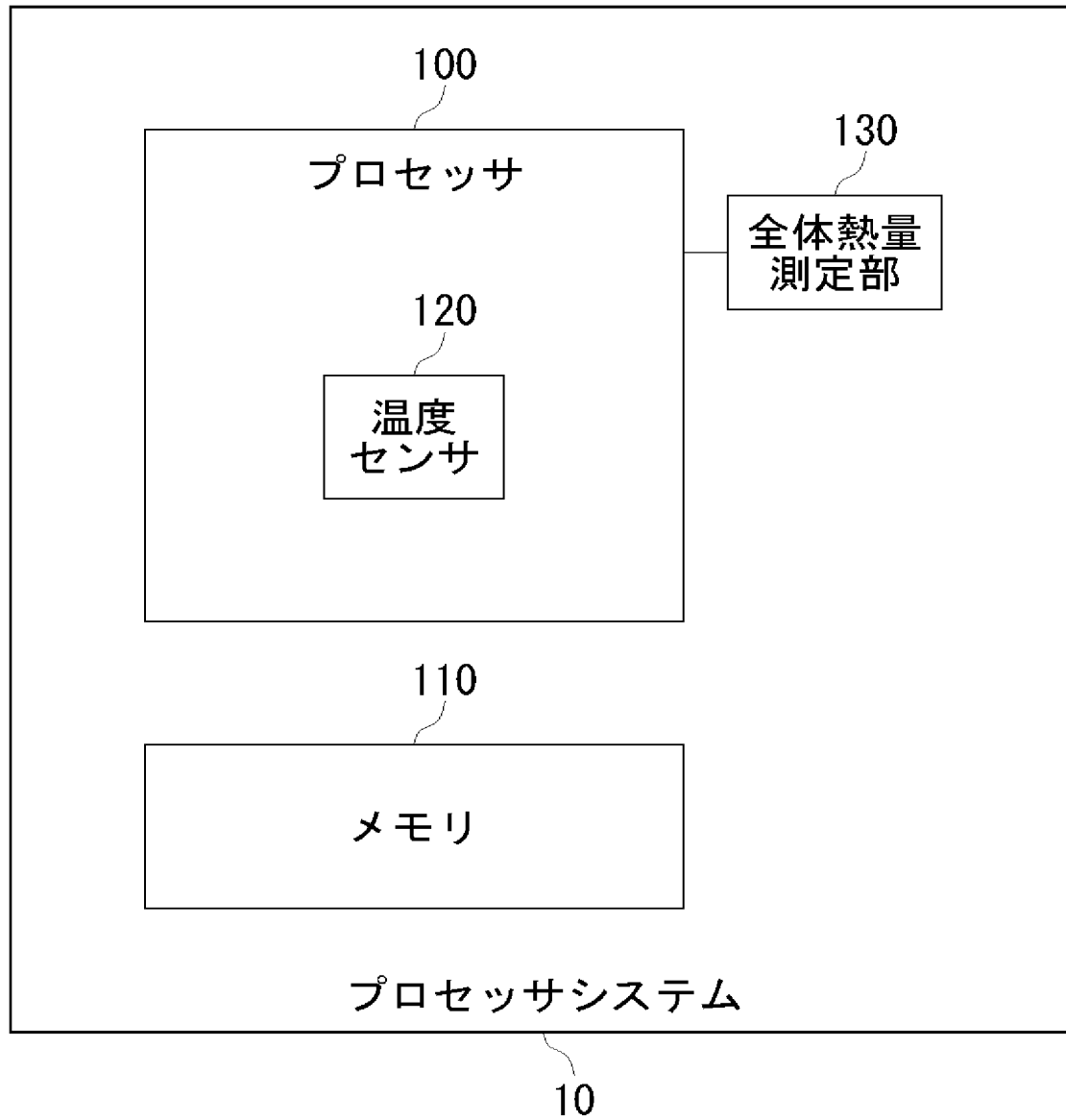
り、

前記動作周波数制御部は、前記複数のプロセッサの内、少なくとも前記温度推定部による推定温度が所定の閾値を超えたプロセッサに対して動作周波数を下げる制御を行うことを特徴とする請求項21に記載のプロセッサシステム。

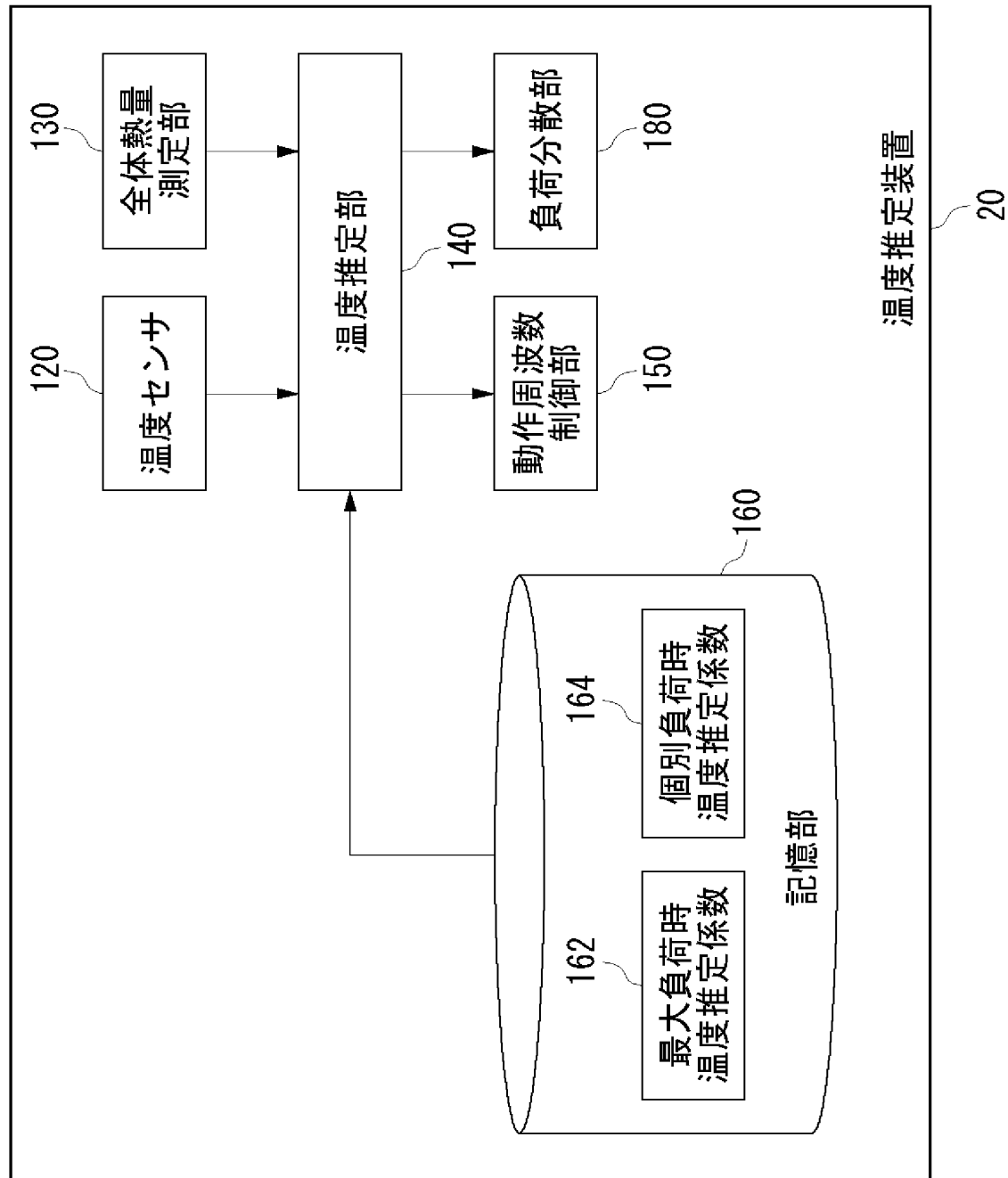
- [23]      プロセッサの特定ブロックの温度を測定するセンサと、  
前記センサにより検出される前記特定ブロックの温度をもとに、前記プロセッサの複数の発熱ブロックの温度を推定する温度推定部とを含むことを特徴とする温度推定装置。
- [24]      プロセッサの特定ブロックの温度を測定するセンサと、  
前記センサにより検出される前記特定ブロックの温度をもとに、前記プロセッサの複数の発熱ブロックの温度を推定する温度推定部とを含むことを特徴とする情報処理装置。
- [25]      プロセッサの特定ブロックの温度を測定するステップと、  
前記センサにより検出される前記特定ブロックの温度をもとに、前記プロセッサの複数の発熱ブロックの温度を推定するステップとをコンピュータに実行させることを特徴とするプログラム。



[図1]



[図2]



[図3]

(a)

65	70	70	55	50
75	85	75	60	50
80	80	65	60	55
85	75	60	70	70
75	70	75	85	70

(b)

	A			
			S	
B				
			C	

[図4]

センサ温度	$\Delta T_A$	$\Delta T_B$	$\Delta T_C$	最高温度
50	23	25	24	75
55	25	24	22	80
60	25	25	25	85
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

[図5]

(a)

センサ温度	$\Delta T_A$	$T_A$
50	15	65
60	15	75
70	15	85
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$

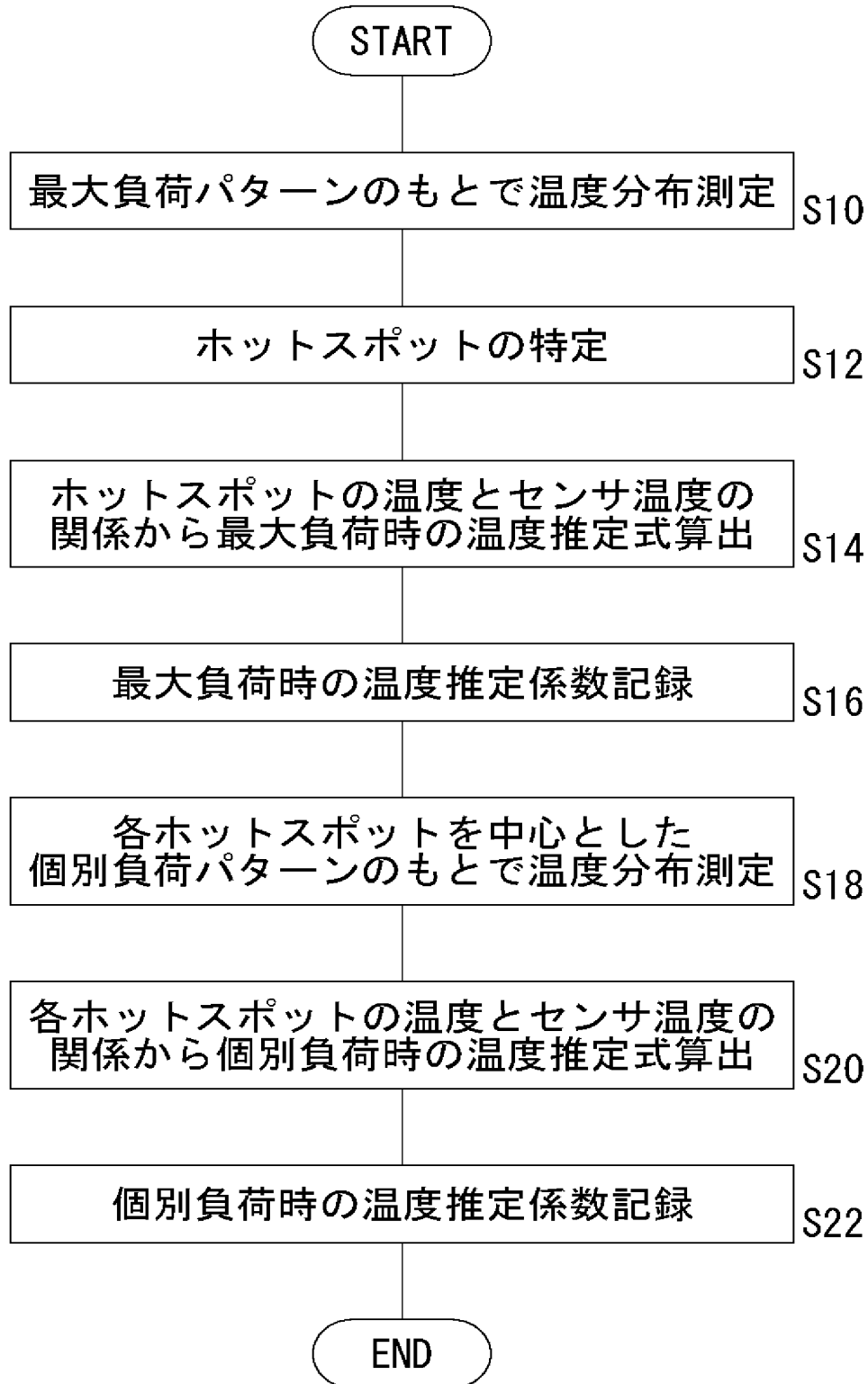
(b)

センサ温度	$\Delta T_B$	$T_B$
50	10	60
60	12	72
70	15	85
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$

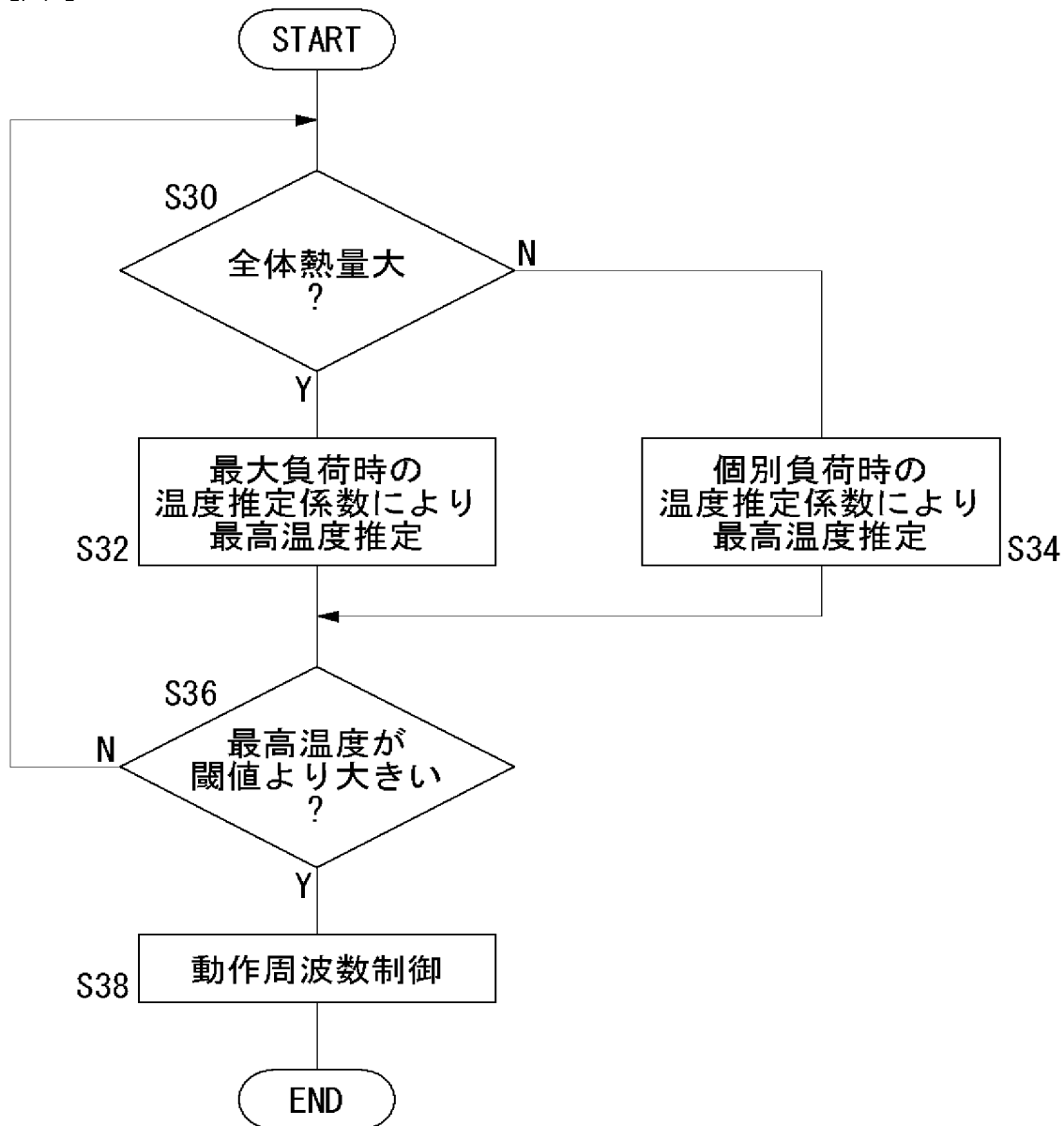
(c)

センサ温度	$\Delta T_C$	$T_C$
50	22	72
60	25	85
70	27	97
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$

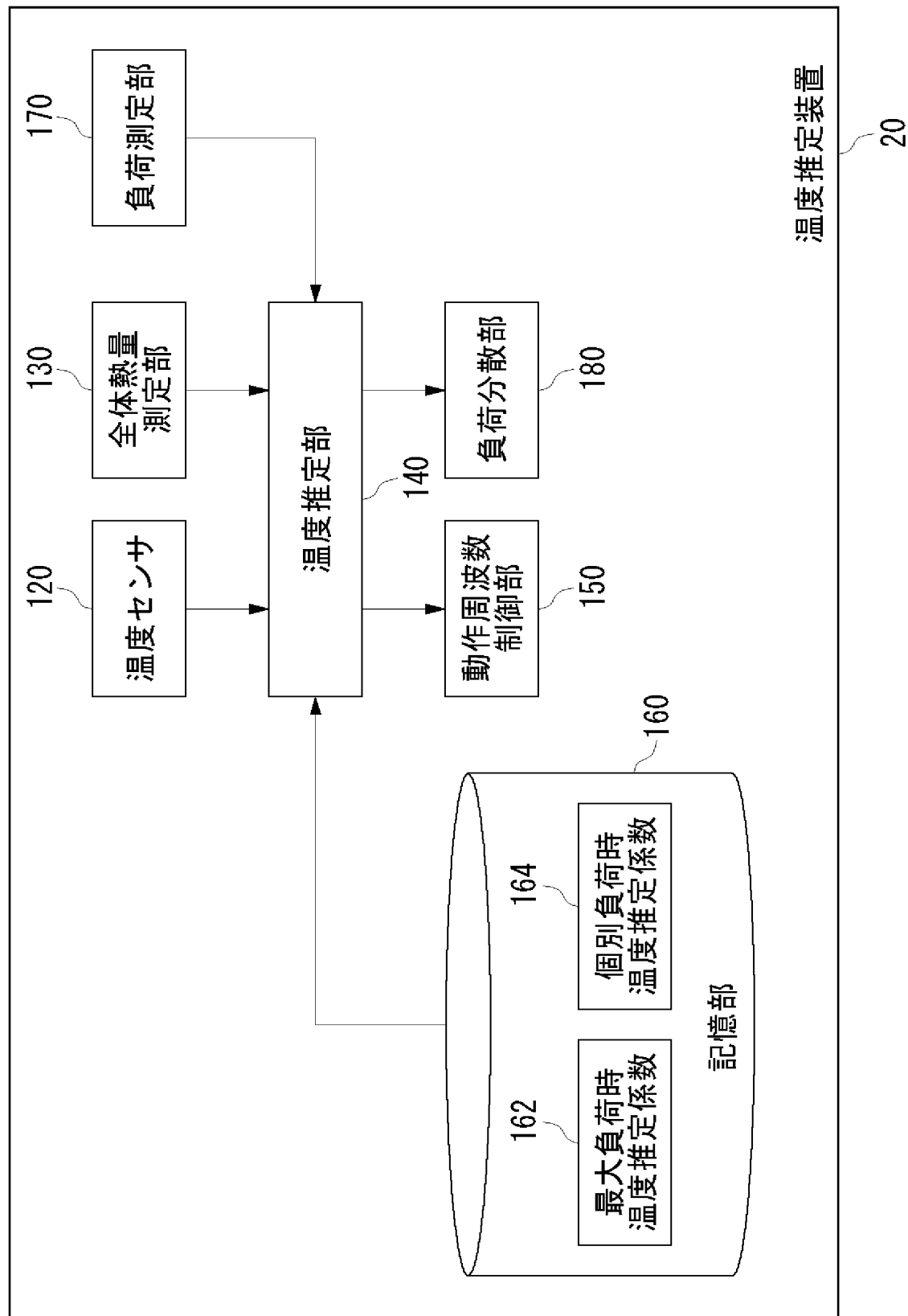
[図6]



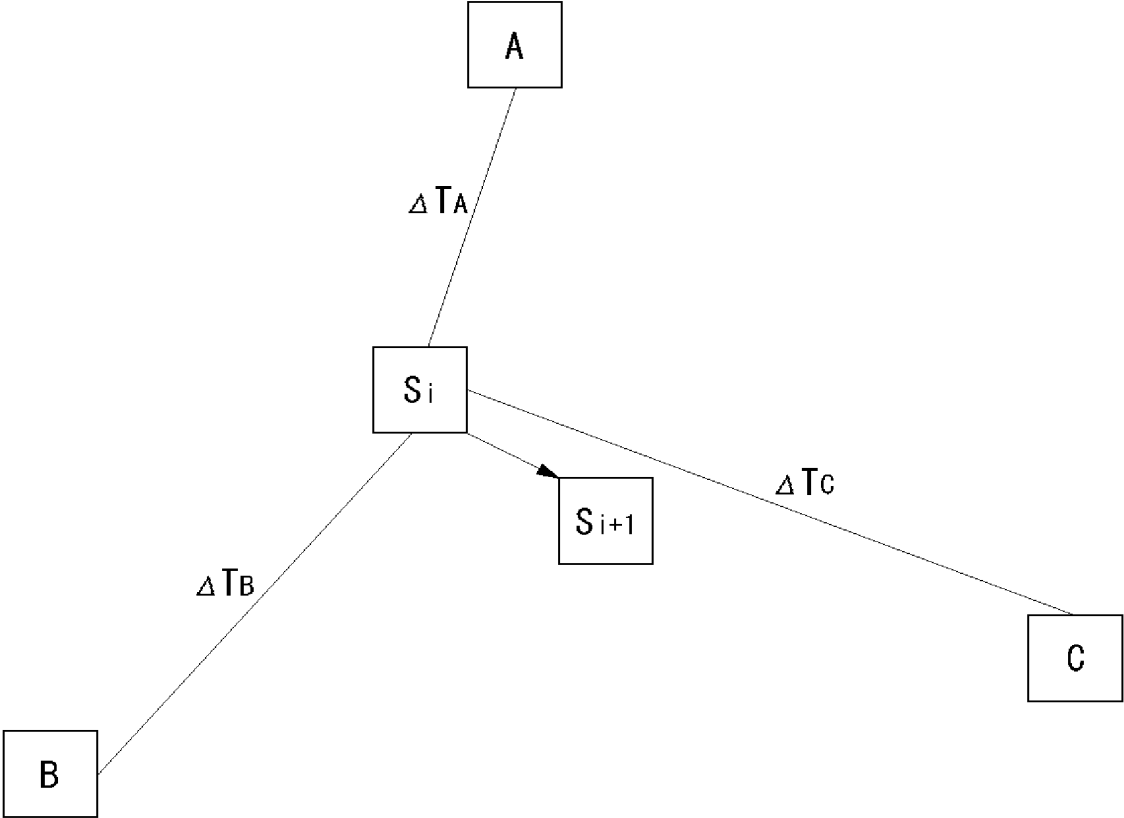
[図7]



[図8]

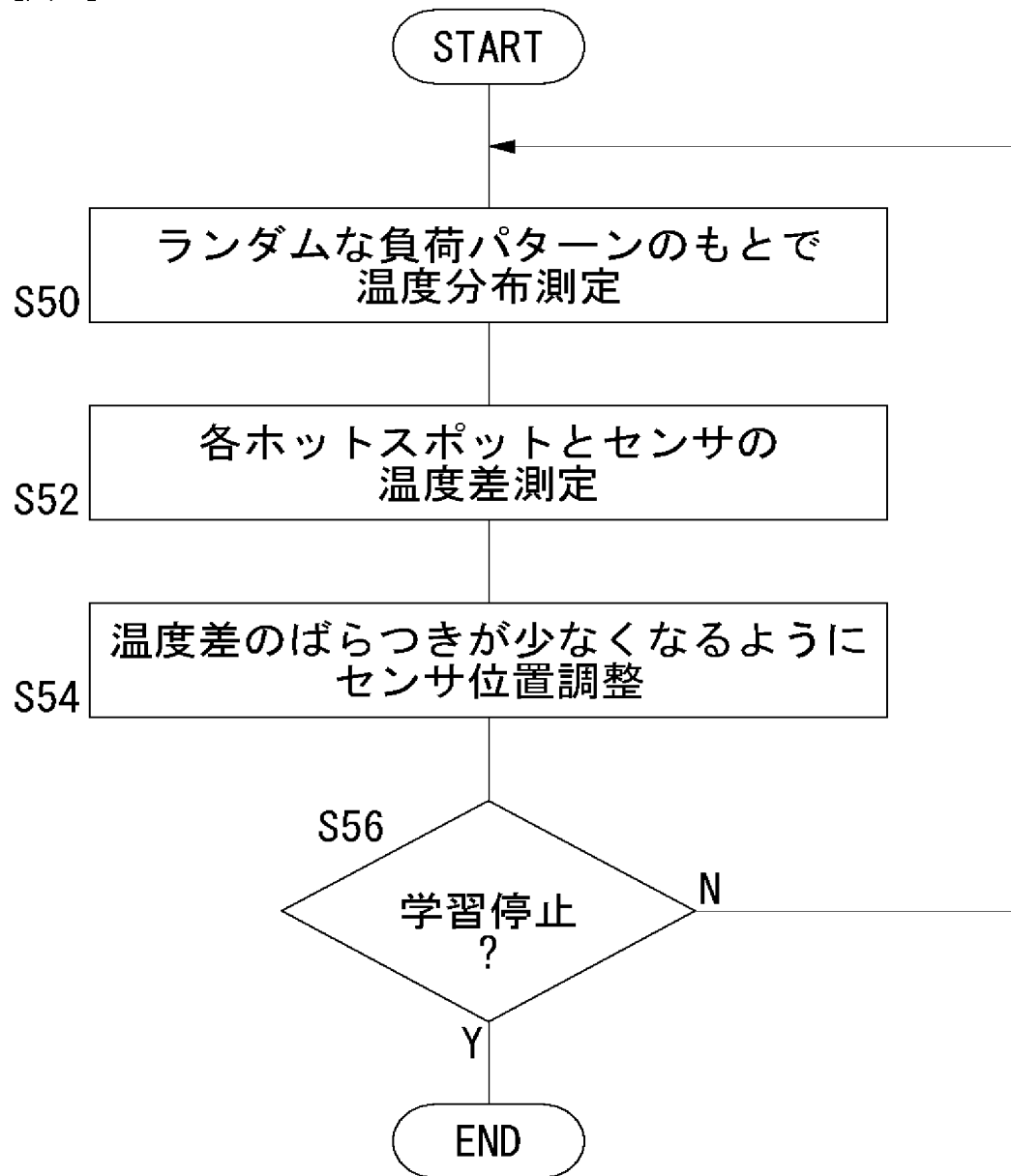


[図9]

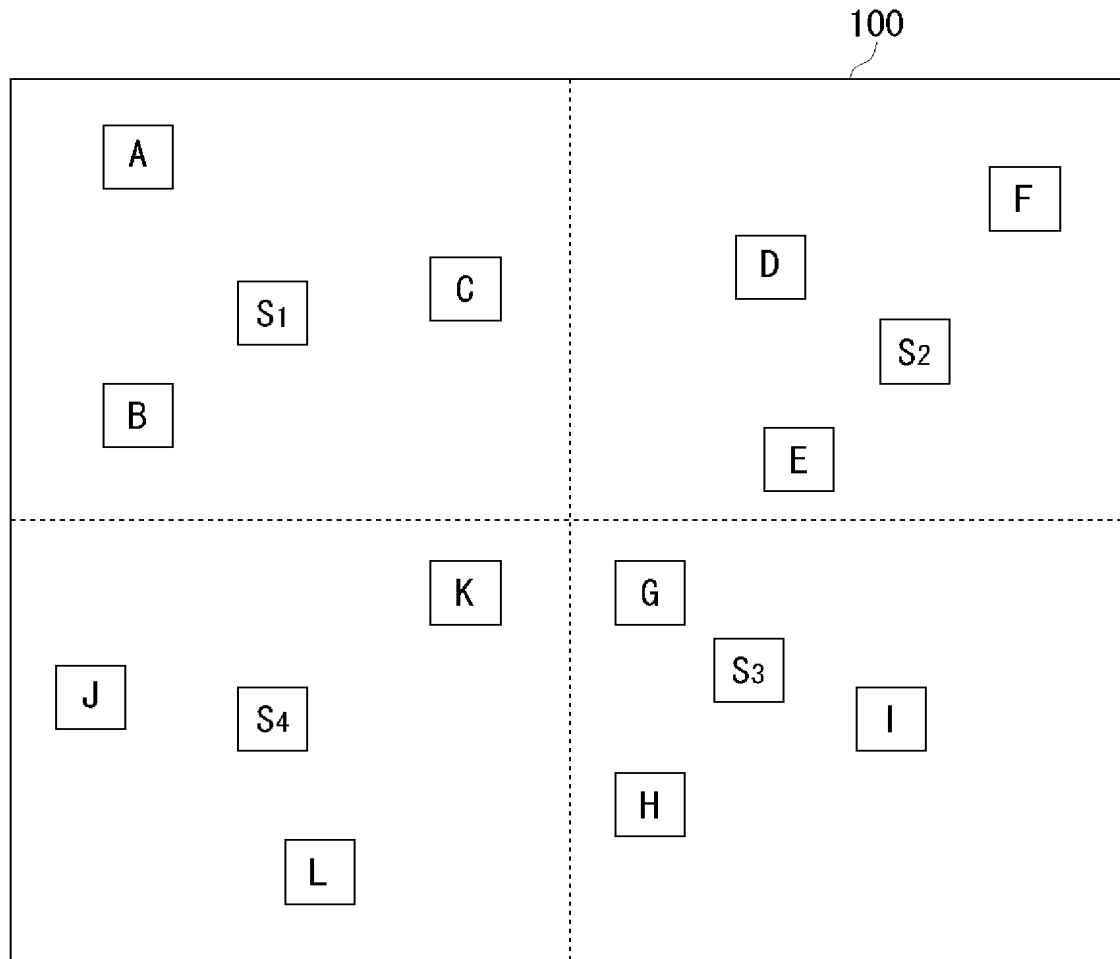




[図10]

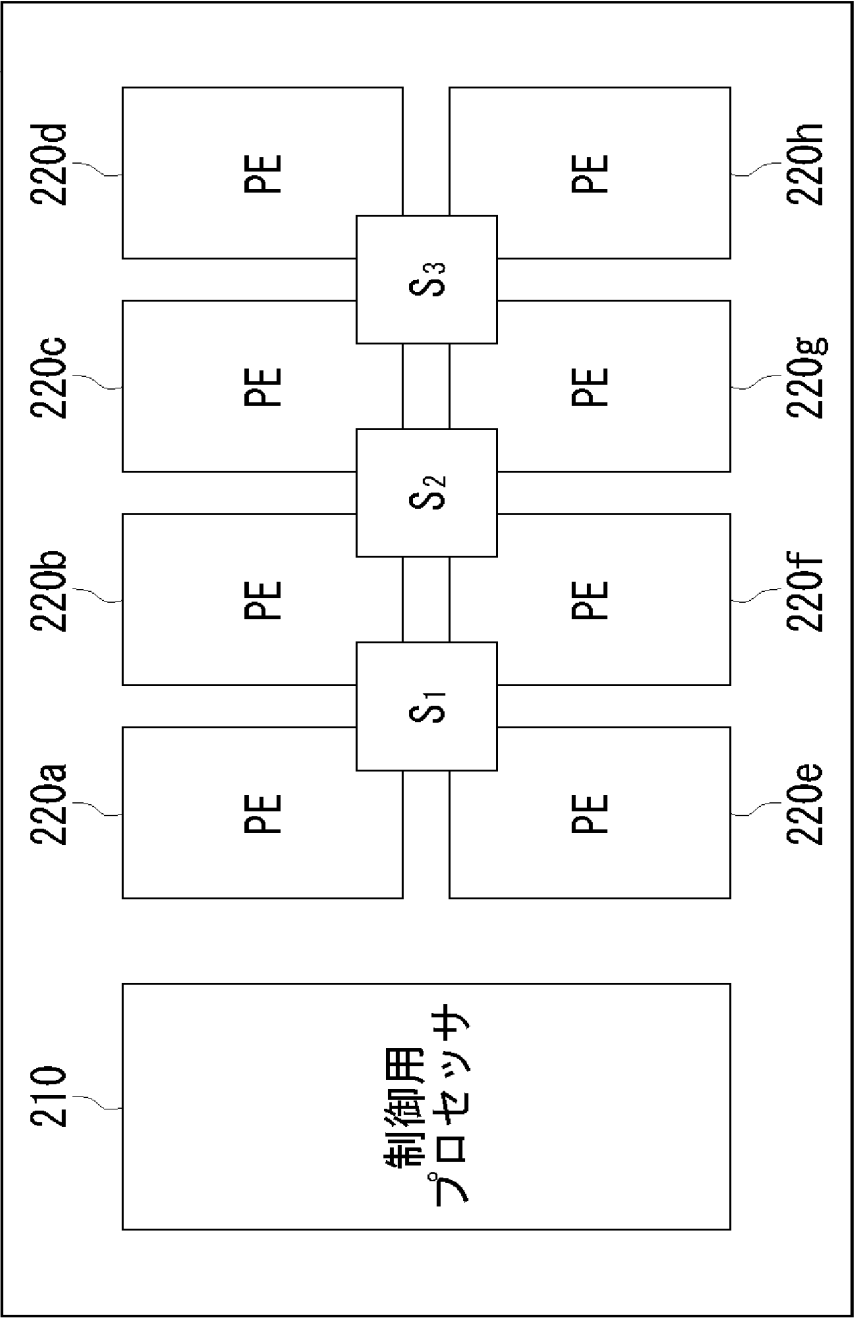


[図11]



[図12]

200



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/007884

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>7</sup> G06F1/04, 1/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> G06F1/04, 1/20, H01L23/58

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2003-204028 A (Toyota Motor Corp.), 18 July, 2003 (18.07.03), Full text; all drawings (Family: none)	1-4, 7, 10, 17, 18, 23-25
Y		8, 9, 11, 12, 19-22
A		5, 6, 13-16
Y	JP 2004-126968 A (Fujitsu Ltd.), 22 April, 2004 (22.04.04), Full text; all drawings (Family: none)	8, 11, 19, 20, 22
Y	JP 09-305268 A (Hitachi, Ltd.), 28 November, 1997 (28.11.97), Full text; all drawings (Family: none)	9, 12, 20-22



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 July, 2005 (12.07.05)

Date of mailing of the international search report

02 August, 2005 (02.08.05)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/007884

**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The inventions of claim 1 relate to a technique for estimating a temperature of a plurality of heating blocks of a processor.

On the other hand, the invention of claim 17 relates to a technique for adjusting the position of a particular block whose temperature is to be detected by the sensor.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl.<sup>7</sup> G06F1/04, 1/20

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl.<sup>7</sup> G06F1/04, 1/20, H01L23/58

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X		1-4, 7, 10, 17, 18, 23-25
Y	J P 2003-204028 A (トヨタ自動車株式会社) 2003.07.18, 全文, 全図 (ファミリーなし)	8, 9, 11, 12, 19-22
A		5, 6, 13-16

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

12.07.2005

国際調査報告の発送日

02.8.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

安島 智也

電話番号 03-3581-1101 内線 3521

5 E

9741

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 2004-126968 A (富士通株式会社) 2004. 04. 22, 全文, 全図 (ファミリーなし)	8, 11, 19, 20, 22
Y	J P 09-305268 A (株式会社日立製作所) 1997. 11. 28, 全文, 全図 (ファミリーなし)	9, 12, 20-22

## 第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。  
つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるときこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1にかかる発明は、プロセッサの複数の発熱ブロックの温度を推定する技術である。

一方、請求の範囲17にかかる発明は、センサにより温度検出を行う特定ブロックの位置を調整する技術である。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。